

젖소의 소화 기전

번역 : 최 태 일

일 반적으로 낙농기들은 유사비 절감과 젖소의 건강을 위한 사료 배합에 많은 시간을 할애하고 있다. 그러나, 정작 젖소 사양 관리에 있어 기본적인 소화 기전에 대해서는 간과하는 부분이 많고, 기본 원리가 배제되는 경우도 있다. 이 글은 미국 미네소타 주립 대학의 낙농연구소에서 실제 농가 교육을 위해 만들어 활용하고 있는 기본적인 농가 교육 지침서이다. 물론 국내 환경과는 다소 다를 수 있지만 젖소의 기본적인 소화 기전을 참고하는 기회가 되었으면 한다.

Ruminant Anatomy and Physiology (반추위 해부와 생리학)

소의 소화 기관은 구강, 식도, 위장, 소장, 대장으로 구분된다.(그림1)

그 중에서 위장을 세분하면, 1위(=반추위), 2위(=별집위), 3위(=겹주름위), 4위(=주름위)이다.

◆1위(반추위) : 반추위는 소의 좌측에 위치해 있고, 4개의 위중에서 용적이 가장 크며, 형태는 몇 개의 주머니를 합쳐 놓은 것처럼 생겼다. 크기는

개체에 따라 조금씩 다르지만, 약 25리터 이상의 내용물을 수용할 수 있다. 용적이 큰 반추위는 섭취한 사료의 임시 저장고이자 미생물에 의한 발효가 일어나는 장소이다. 또한 반추위는 미생물이 잘 성장할 수 있는 적합한 여건을 조성하며, 섭취한 사료가 발효될 때 생기는 휘발성 지방산(VFA)을 흡수하는 기능을 담당하고 있다. 반추위벽내에 있는 혈관으로 혈액이 원활하게 공급되고 있다면, 휘발성 지방산과 여타 다른 소화 산물의 흡

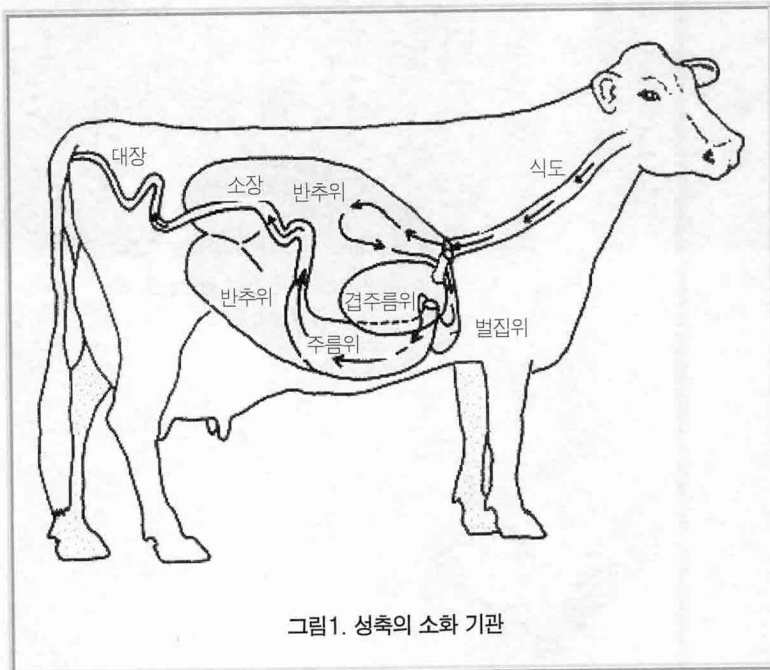


그림1. 성축의 소화 기관

수도 더욱 촉진되고, 거기다가 반추위내 있는 조그마한 돌기 모양의 용모의 발육정도가 우수하다면 반추위의 표면적이 커져 영양소의 흡수력도 자연스럽게 증가한다.

◆**2위(벌집위)** : 체강(體腔 = 동물의 체벽과 내장 사이에 있는 빈 곳. 고등 동물에는 잘 발달되어 있으나 원생동물, 해면동물 따위에는 없다. 포유동물의 위심강(圍心腔), 흉강, 복강 따위가 이에 속한다.)의 앞 부분 주머니 모양으로 되어 있는 벌집위는 명칭처럼 벌집과 같은 조밀한 연결 구조로 되어 있다. 크기가 커질 않아 1위(반추위)와 3위(겹주름위) 사이에 위치해 있으며, 보통 1위와 2위를 통합해서 취급하기도 한다. 젖소가 무게가 있고 고밀도의 사료나 금속 물질을 섭취하게 되면, 1위를 지나 이 곳 벌집위에 잔류하게 된다. 심장쪽 가까이에 위치해 있기 때문에, 못이나 다른 날카로운 이물질이 소화기관으로 유입되었을 때 hardware disease가 발생할 수도 있다. 자석을 이용해 이물질을 걸러 내거나 외과적인 수술로 완치할 수 없다면 2차 감염이 발생하여 결국에는 사망으로 이어지게 된다.

◆**3위(겹주름위)** : 둥근 모양의 겹주름 위는 낙업을 겹쳐 둔 것처럼 생겼다. 수분과 소화 가능한 물질을 흡수하는 기능이 있기에, 주름 사이에 있는 내용물들은 다른 위보다 훨씬 건조한 상태이다.

◆**4위(주름위)** : 진위라고 불리우는 주름위는 선(線) 모양으로 되어 있고 사료 분해에 필요한 염화수소산과 소화 효소가 분비되어 단위(單胃) 동물의 위와 같은 역할을 한다.

◆**소장** : 소장의 길이는 보통 해당 동물 키의 20배 가량으로 십이지장, 공장(空腸), 회장(回腸) 3부분 구분된다. 이 곳 소장에서는 췌장과 쓸개 분비물을 이용해 대부분의 소화 과정이 이루어지며 용모를 통해 영양소가 혈액과 임파선으로 흡수된다.

◆**맹장** : 맹장은 소장과 이전에 소화시키지 못한 섬유소가 분해되는 대장의 교차지점에 폭넓게 위

치해 있다. 맹장의 기전은 아직까지 정확하게 밝혀지지 않고 있다.

◆**대장** : 대장은 소화되지 않은 사료가 지나가는 마지막 통로이다. 소화가 되지 않은 일부 세균성 소화가 이루어지지만, 주로 수분 흡수 기능을 가지고 있다.

소화 기관의 기능

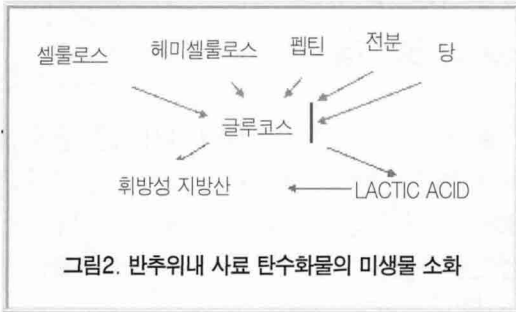
◆**트립** : 소화 과정 중 반추위에서 많은 양의 질소나 메탄 가스가 생성된다. 그 양은 시간당 30~50리터이고, 정상적인 상태에서 생성된 가스는 반추위를 확대시키기 때문에 반드시 외부로 배출되어야만 한다.

◆**반추** : 젖소는 하루 24시간 중 35~49%의 시간 동안 반추 행위에 시간을 할애한다. 그러나 실제 시간은 섭취한 사료의 종류와 길이에 따라 다를 수 있다. 소가 성숙할수록 채식 후 저작 시간은 줄어든다. 휴식 시간 동안 젖소는 저작을 하는데 이 과정을 통해 섭취한 식피의 입자 크기가 줄어들고, 동시에 반추위 미생물에 의한 소화가 더 용이하게 이루어진다.

◆**반추위와 벌집위의 운동성** : 건강한 젖소는 분당 1~2회 수축 운동을 한다. 이 과정 동안에 반추위내 유입된 사료의 혼합, 사료 사이에 미생물을 부착, 고형물이 출렁되는 것을 방지하며 반추 작용을 위해 식피가 역류하도록 기능을 수행한다. 이러한 반추위의 운동성이 약화되면 건강상의 문제를 의심해야 한다.

◆**침 생산** : 건강한 젖소는 하루 평균 50~80리터의 침을 생성시키고 반추위로 넘긴다. 침은 미생물 수를 증식시킬 뿐만 아니라 질소를 재순환시켜 반추위의 산도를 중화시키고 섭취한 건초나 사료가 최적의 상태로 소화될 수 있도록 반추위의 산도를 pH6.2~6.8로 유지시키는데 가장 중요한 역할을 담당하고 있다.

◆구토 : 흔하지는 않지만 젖소가 가끔 구토를 하는 경우가 있다. 원인은 주로 사료에 인한 것으로 알카로이드가 함유된 목초나 잡초를 섭취했을 때 발생한다. 이러한 증상이 지속적으로 발생한다면 수의사의 정확한 진단이 있어야 한다.



반추위내 에너지 사료의 소화

사료내 탄수화물은 반추위 미생물에 의해 소화가 되고, 휘발성 지방산으로 전환된다. 초산(acetic acid), 프로피온산(propionic acid), 낙산(butyric acid)으로 이루어진 휘발성 지방산(VFA)은 반추 동물의 주요 에너지원이 된다(그림2). 많은 양의 건초를 섭취했을 때에는 휘발성 지방산 중에서 초산이 60~70%, 프로피온산 15~20%, 낙산 5~15% 정도가 각각 생성된다. 그러나, 곡물 사료의 양이 증가하면 초산이 40%, 반대로 프로피온산의 생성량이 40%까지 높아진다. 휘발성 지방산의 생성 변화는 주로 유지방 검사로 알 수 있다.

셀룰로스(cellulose)와 헤

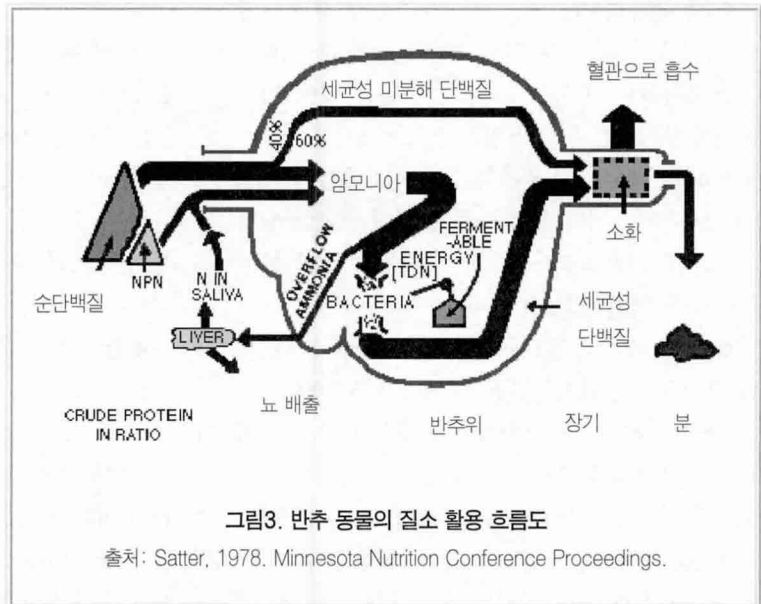
미셀룰로스(hemicellulose)의 약 30~50%가 반추위 미생물에 의해 소화된다. 전분은 섭취한 사료의 양과 반추위를 지나가는 소화 속도에 따라 60% 이상이 분해되고, 대부분의 당류는 반추위에서 100% 소화된다.

반추위에서 생성된 휘발성 지방산은 혈류 속으로 흡수되어 체유지, 성장, 번식, 유(乳)생산 등을 위해 체조직과 유방으로 각각 이동한다.

반추위내 단백질과 비단백태질소화합물

젖소가 섭취한 일부 단백질은 반추위에서 소화 흡수가 되질 않고 다음 단계로 넘어간다(그림3).

발효가 진행 중인 단백질은 암모니아, 유기산, 암모니아산 등으로 전환되며, 사료내 천연 단백질은 약 40~75%가 분해 흡수된다. 분해 정도는 단백질의 용해성, 분해 저항 정도, 반추위 통과 속도 등에 따라 달라진다. 반추위 미생물의 성장과 합성을 위해서는 분해가 된 단백질인 암모니아가 요구된다. 암모니아는 요소, 암모늄염, 질소 등과 같은 비



단백태질소화합물(NPN)에서 공급된다. 암모니아와 유기산은 반추위 미생물 작용에 의해 미생물 단백질과 유사한 암모니아산으로 전환된다. 과잉된 암모니아는 대부분 반추위에서 혈류로 흡수되며, 극 소량만이 하부 소화기관으로 이동하여 흡수된다. 반추위에서 분해되지 않은 사료 단백질과 미생물 단백질은 소화와 흡수를 위해 4위와 소장으로 이동한다.

◆ **비타민 합성** : 반추위 미생물은 모든 종류의 비타민 B와 K를 제조한다. 반추위에서 합성된 비타민의 양은 성장과 체유지를 위해 충분하다. 어떠한 상황에서도 반추위가 정상적인 기능을 하기만 한다면 사료내 비타민 B,K는 추가적으로 급여할 필요가 없다. 나이아신(B3)과 티아닌(B1)은 스트레스를 많이 받는 상황에서 요구된다.

◆ **지방 소화** : 대부분의 소화와 지방 흡수는 소장에서 이루어진다. 반추위 미생물은 불포화 지방산에 수소 분자를 첨가 시켜 포화지방산으로 전환시킨다. 따라서 젖소와 같은 반추동물은 비반추동물보다 더 많은 양의 포화 지방산을 흡수한다. 불포화 지방산의 급여량을 늘리면 반추위 미생물에게 좋지 않은데 조섬유의 소화를 억제시키며 반추위 pH를 저하시킨다.

송아지 소화기

송아지가 태어나 첫 1주일 동안에는 반추위, 별집위, 겹주름위는 발육하지 않는다. 성숙한 개체와는 달리 송아지일 때에는 주름위의 용적이 가장 크고 발달되어 있다.

이 시기에는 반추위의 기능이 없어 조사료와 같은 사료를 이용할 수가 없다. 수유기 시기에 섭취하는 우유는 식도를 통해 곧바로 겹주름위(4위)로 가게 된다. 반추위로 액상의 우유나 대용유가 들어가지 못하도록 튜브 모양의 구조로 되어있다. 그러나 우유를 한꺼번에 너무 많은 양이 빠른 속도로 유입이 되면 반추위로 흘러갈 수가 있다.

송아지가 우유만 섭취하게 되면, 반추위는 발육하지 못한다. 곡물이나 건초를 섭취할 때 비로서, 반추위와 별집위의 발육이 시작된다. 미생물 발효산물은 반추위 발육과 밀접한 관계가 있다. 대부분의 사료 급여 계획은 분만 3주령부터 시작해야 한다. 저작 행위의 시작은 반추위 발육에 크게 작용을 하지 않는다. 분만 1주일경에 건초가 있던지 없던지간에 곡물을 급여하게 되면 반추위는 더 커지고 용모 발육에 도움이 되는데 분만 3개월령이 되었을 때 성숙의 기능과 동일하게 된다. ☺

표1. 송아지 성장에 따른 위의 발육 정도

Stomach compartment	연령 (주)						
	0	4	8	12	16	20-26	34-38
	% of total weight						
1위-2위	38	52	60	64	67	64	64
3위	13	12	13	14	18	22	25
4위	49	36	27	22	15	14	11

출처 : Warner and Flatt. 1965. In R.W. Dougherty, ed. Physiology of Digestion in the Ruminant.